

Va

SELVITYS TIEN SIVUKALTEVUUDEN OHJEARVOJEN MUUTOSTARPEESTA

**TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
TIENSUUNNITTELUTOIMISTO**

TVH 722303

HELSINKI 12.9.1977

08
TIE-



77 576

SELVITYS TIEN SIVUKALTEVUUDEN OHJEARVOJEN MUUTOSTARPEESTA

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
TIENSUUNNITTELUTOIMISTO

TVH 722303

HELSINKI 12.9.1977

ISBN 951-46-1650-2

S I S Ä L L Y S

	Sivu
1. SIVUKALTEVUUDEN TARVE JA MERKITYS.....	1
2. NYKYISET AJORADAN SIVUKALTEVUUSOHJEET JA NIIDEN NOUDATTAMINEN TIESUUNNITELMISSA.....	4
3. SIVUKALTEVUUSTAVOITTEIDEN TOTEUTUMINEN TEITÄ RAKENNETTAESSA.....	6
4. SIVUKALTEVUUDEN MUUTTUMINEN VUOSIEN MITTAAN....	9
5. SIVUKALTEVUUTEEN LIITTYVIÄ OSAKYSYMYKSIÄ.....	12
5.1 Sivukaltevuuden vaihtelu tien poikkileik- kauksessa.....	12
5.2 Sivukaltevuuden vaihtelu kesän ja talven välillä.....	14
5.3 Sivukaltevuuksien vertailu ulkokaarten ja muun tien välillä.....	15
6. SIVUKALTEVUUDEN LISÄÄMISTARPEESTA SUOMEN TEILLÄ	16
7. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET.....	20
VIITEJULKAISUT.....	23

ALKUSANAT

Puutteellisesta tien pintakuivatuksesta aiheutuvat haitat ovat yleisiä maamme teillä. Syynä tähän on lähinnä päällysteiden kuluminen ja urautuminen vuosien mittaan. Haittoja voidaan ehkäistä ottamalla jo tietä suunniteltaessa huomioon ja ennakoimalla tien vanhetessa eri syistä aiheutuva pintakuivatuksen huonontuminen.

Pintakuivatuksen toimivuuteen vaikuttaa keskeisimmin sivukaltevuus. Tässä selvityksessä tarkastellaan nykyisiä sivukaltevuuden ohjearvoja ja niiden muutostarvetta. Käytävissä ollut havaintoaineisto on satunnainen ja verraten suppea ja aikamittakaava (kaltevuuden muuttuminen vuodesta toiseen) on mukana vain nimeksi. Näistä rajoituksista huolimatta havaintoaineisto oikeuttanee ainakin suuntaa antaviin johtopäätöksiin pääkysymyksestä eli sivukaltevuuden lisäämistarpeesta.

Tämä selvitys on osa teiden suunnitteluohjeiden uusimiseen liittyvistä taustaselvityksistä. Lisäaiheen selvityksen tekemiseen ovat antaneet eräät piirien aloitteet. Selvityksen on TVH:n tiensuunnittelutoimiston valvonnassa laatinut tekn.tri Eero Lehtipuu.

12.9.1977/PV

1. SIVUKALTEVUUDEN TARVE JA MERKITYS

Tien pinta tarvitsee sivukaltevuutta kahdesta syystä: ajoneuvon hallinnan helpottamiseksi kaarteissa ja toisaalta pintavesien johtamiseksi tien pinnalta luiskiin tai sadevesiviemäriihin. Näistä syistä aiheutuvat vaatimukset ovat osaksi vastakkaiset. Ajodynaamisesti edullisin olisi suora tie ilman mitään sivukaltevuutta ja kaarteessa yksipuolinen sivukaltevuus kaarresäteen ja mitoitusnopeuden funktiona, kun taas kuivatuksen kannalta ainoa tärkeä seikka on se, että sivukaltevuuden itseisarvo on mahdollisimman suuri.

Kuivatustavoitetta edesauttaa tien pituuskaltevuus, mutta sitä ei ole läheskään aina riittävästi ja pelkästään tien suuntaisesti virtaava vesi on liikenteelle haitallinen ja vaarallinenkin. Vähäinenkin raiteisuus lisää vesikerroksen paksuutta olennaisesti. Sivukaltevuuden tarve on sen vuoksi kutakuinkin riippumaton tien pituuskaltevuudesta. Sivukaltevuuden ja pituuskaltevuuden suhdetta on lähemmin tarkasteltu mm. julkaisuissa /3/ ja /9/.

Mainituista sivukaltevuuden käytön syistä on ajodynamiikka saanut eri yhteyksissä runsaasti enemmän huomiota kuin vesihaitat tai muut kuivatuskysymykset (esim. /2/ ja /9/, samoin kuin useimmat ulkomaiset normijulkaisut). Syynä käsittelytavan eroon lienee ajodynamiikan laskukaavojen ja osatekijöiden teoreettinen täsmällisyys, kun taas kuivatuksen takia sivukaltevuuden on vain oltava "riittävä". Kuitenkin on ilmeistä, että nykytilanteessa Suomessa kuivatus on tärkeämpi sivukaltevuuden peruste kuin ajodynamiikka. Kuivatuksen kannalta haittaavan puutteellinen sivukaltevuus on varsin tavallinen ilmiö Suomen teillä, jota vastoin ajodynamiikan kannalta häiritsevän "väärä" tai tierakenteen kannalta haitallinen sivukaltevuus on poikkeusilmiö.

Sinänsä tärkeät ajodynamiikan vaatimukset tulevat verrattain helposti täytetyiksi siitä syystä, että sivukitkan ja sivukaltevuuden suhteessa on runsaasti liikkuma-alaa. Sivukitka kykenee kompensoimaan puuttuvan tai "väärän" suuntaisen kaltevuuden etenkin uusien teiden loivissa kaarteissa varsin helposti. Esim. lähde /9/ toteaa, että jos sivukitkasta joudutaan ottamaan käyttöön alle 0,05, "kaarteissa ajoa tuskin havaitaan" ja vasta yli 0,10 olevilla arvoilla ajaminen alkaa tuntua epämiellyttävältä. - Sivukitkan arvo 0,05 tarkoittaa esim. sitä, että

100 km/h nopeudella tien pinta saisi olla vaakasuora ($q = 0$), jos kaarresäde ylittää 1570 m ja tiellä saisi olla tavanomainen 2,5 % kaksipuolinen sivukaltevuus, jos $R > 3150$ m. "Epämiellyttäväksi" kävisi kaksipuolinen 2,5 % sivukaltevuus vasta kaarteissa $R \leq 1050$ m. Eräät käytännön havainnot mm. kantatiellä 53 tukevat näitä päätelmiä.

Mainitun ajodynamiikan väljyys ei oikeuta kaarrekallistusten huonontamiseen nykyisestään, puhumattakaan työnsuorituksen huolimattomuuteen, mutta se osoittaa, että ajodynamiikalle ei rakennettujen teiden sivukaltevuus yleisesti ottaen tuota ongelmia.

Entä sivukaltevuuden jyrkkä vaihtelu kulumisurien kohdalla? Raideurat ovat ohitustilanteissa epämukavia ja vaarallisen näköisiä, mutta niiden viettokaltevuus pysyy yleensä sittenkin kohtuullisena ja vaara syntyy lähinnä veden tai jään "makaamisesta" uran pohjalla.

Lähteen /4/ mukaan on esim. 9 m levyiselle kantatie 50:lle muodostuneiden keskiviivan puoleisten raideurien keskikohdan etäisyys tien keskilinjasta n. 125 cm. Jos tien varsinainen sivukaltevuus on 2,5 % (käytännössä se on jo pienentynyt tämän alle), ja uran syvyys suurin tälle tielle v. 1977 keskimäärin sallittava /5/ eli 20 mm, muodostuu tien keskikohtaan n. $2,5 \% + 2/125 = 4,1 \%$ sivukaltevuus. Tämä on vielä etäällä suunnitteluohjeiden /10/ sallimasta viettokaltevuuden enimmäisarvosta, joka varovaisin perustein määriteltynä on valta- ja kantateille 7,0 %. - Paikallinen viettokaltevuus kasvaa pituuskaltevuuden tullessa mukaan, mutta 7 % raja-arvo ylitetään vain kaikkein jyrkimmissä mäissä. Niissäkin ohittaminen käy näkemärajoitusten vuoksi päinsä vain alamäen suuntaan.

Täsmällistä tietoa siitä, kuinka yleinen haitta sivukaltevuuden niukkuus nykyisin on tien kuivatuksen kannalta ei ole saatavissa. Inventointilukuja haitan määritelmästä alkaen ei ole olemassa, mutta sateella ja sateen jälkeen matkatessaan voi kuka tahansa todeta lätäköitymisen tai "ränniytymisen" (raideuriin jäävän veden) olevan siellä täällä tavattava ilmiö miltei kaikilla teillä, aivan uusia päällysteitä lukuunottamatta.

Varsinainen vaara alkaa vesiliirron tullessa mahdolliseksi. Vuodelle 1977 annetut ohjeet kestopäällysteiden uusimiseksi /5/ sisältävät sallitun raidesyvyyden määrittelyn tien liikennemäärän ja nopeusrajoituksen funktiona. Nämä keskisyvyydet (14... 45 mm) ovat olennaisesti suuremmat kuin aikaisempina vuosina ja lienevät nyt vesiliirron kannalta todella suurimmat hyväksyttävissä olevat. Ohjesyvyydet perustuvat kuitenkin oletuksille 2,5 % sivukaltevuudesta. Kun vanhojen asfalttibetonteiden sivukaltevuus usein on huomattavasti pienempi kuin 2,5 % (tästä lähemmin luvussa 4), ollaan v:n 1977 uudelleen-

päällystämiskriteereitä noudatettaessa jo selvästi vaarakyn-
nyksen huonommalla puolella. Esim. jos sivukaltevuus onkin
vain 1,0 %, on raideuraan jäävän vesikerroksen paksuus n. 9 mm
suurempi kuin /5/:ssä oletettu.

Kun pinnan kuluminen (raideurien syvyys) on kaikkein tavallisin
uudelleenpäällystämisen syy, voidaan yleistäen arvioida, että
kaikkialla missä sivukaltevuus on alle 2,5 %, on uudelleen-
päällystämistä odottava Ab-tie huonon kuivatuksen vuoksi jo
sateella vaarallinen. Tällaisia tieosuuksia on kunakin vuonna
ennen uudelleen päällystämistä koko maassa karkeasti arvioiden
100...500 km. Kun tähän lisätään kaikkien muiden päällystetty-
jen teiden pienemmät pintavesihaitat (lätäköiden tuoma ajoneu-
vojen ja kevyen liikenteen likaantuminen, näkyvyyden huonontu-
minen roiskeista, päällysteen nopeampi kuluminen), tultaneen
tuhansiin tiekilometreihin. Soratiet pinnan kuoppaantumisineen
muodostavat oman, vielä enemmän kaltevuuden puutteesta kärsivän
ryhmänsä.

Lukuunottamatta päällysteeltään kauttaaltaan pitkälle kuluneita
teitä, kuivatuksen puutteesta kärsivät tieosuudet ja tienkohdat
jakautuvat epätasaisesti. Haitat ovat ilmeisesti suurimmat toi-
saalta pehmeikköosuuksilla, toisaalta sivukaltevuuden muutos-
kohdissa, joissa viettokaltevuus on jo alunpitäen ollut pieni.

Johtopäätökset: Tien sivukaltevuuden ohjearvot olisi nykyistä
enemmän määriteltävä kuivatustarpeen ja jonkin verran vähemmän
ajodynamiikan vaatimusten mukaisesti. Milloin vaatimukset ovat
samansuuntaiset (pienehkösäteisissä kaarteissa), voitaneen hel-
posti löytää ihanteelliset ohjearvot.

Liian pienen sivukaltevuuden aiheuttama vesihaitta on ainakin
pistekohtaisesti tavallinen ilmiö useimmilla teillä. Uudelleen-
päällystämistä välittömästi odottavilla teillä vallinnee olennai-
nen vesihaitta suurimmalla osalla teiden pituutta.

2. NYKYISET AJORADAN SIVUKALTEVUUSOHJEET JA NIIDEN NOUDATTAMINEN TIESUUNNITELMISSA

Sivukaltevuudesta annetaan ohjeita useissa tätä nykyä (1977) voimassa olevissa julkaisuissa. Seuraavassa esitetään rinnakkain neljät suorat tien ohjearvot asfalttibetonille ja öljysoralle:

Ohjejulkaisu	Sivukaltevuus suoralla tiellä	
	Ab (sileä)	ÖS
TVL:n kuivatusohjeet 1970 /11/:	2...3 %	3...4 %
Asfalttipäällystenormit 1973 /1/:	2...2,5 %	2,5...3 %
TVL:n suuntauksen suunnitteluohjeet 1975 /10/:	2,0...3,0 %	3,0...4,0 %
TVL:n päällystystöiden työselitys 1977 /6/: "Veden poistumista päällysteeltä erityisesti kulumaurista voidaan edistää käyttämällä tavanomaista suurempaa sivukaltevuutta. Tällä voidaan yleensä lisätä päällysteen kestoikää ja lykätä uusimisajan kohtaa. Menettelyn käyttämistä voidaan harkita, jos se voidaan tehdä vaarantamatta liikenneturvallisuutta."		

TVL:n kuivatusohjeet ja suuntauksen suunnitteluohjeet ovat muuten samanlaiset, mutta valuasfaltin sivukaltevuutta on jälkimmäisessä nostettu 0,5 %-yksikköä. Normiehdotuksen perusteissa /9/ lausutaan näillä arvoilla pintavesien poistuvan ajoradalta "riittävän nopeasti". Mitään viittausta päällysteen kulumiseen tai tien pinnan painumiseen ei samassa yhteydessä esitetä.

Vuoden 1973 asfalttinormien kaltevuudet ovat TVL:n suunnitteluohjeita pienemmät. Todettakoon asfalttinormien olevan tällä hetkellä uusittavana ja sivukaltevuuden olevan muuan niistä yksityiskohdista, jotka tullevat muuttumaan lähemmäksi nykytilanteen vaatimuksia.

TVL:n päällystystöiden työselityksessä 1977 on pintakuivatukseen kiinnitetty huomiota ja siinä kehoitetaan käyttämään tavanomaista suurempaa sivukaltevuutta viittaamalla sen etuihin ja varoittamalla samalla pyöreästi mahdollisesta liikenneturvallisuuden vaarantumisesta. Lausuma osoittanee, että tavanomainen 2,5 % sivukaltevuus on todettu yleisestikin liian pieneksi.

Tien sivukaltevuudesta kaarteissa sekä sivukaltevuuden muutostavasta ja -nopeudesta annetaan ohjeita vain TVL:n suuntauksen suunnitteluohjeissa /10/. Mm. annetaan sivukaltevuudelle liiketurvallisuuteen perustuva enimmäisarvo 5,0...7,0 % tien luokasta riippuen.

Sivukaltevuusohjeet ovat pysyneet ajan vierieissä kutakuinkin samoina. Ensimmäiset asfalttinormit vuodelta 1951 suosittelivat asfalttibetonille kaltevuutta 2,4...2,8 % ja TVL:n poikkileikkausten suunnitteluohjeet vuodelta 1954 arvoa 2,5 %. Öljysoran työselityksessä vuodelta 1962 edellytettiin jo arvoa 4,0 % suoralla tiellä, joten öljysoran kaltevuuksia on myöhemmissä ohjeissa ennemmin pienennetty.

Varsinaisia perusteluja mainituille ohjeille ei löydy. Eräässä v. 1952 ilmestyneessä lehtiartikkelissa /8/ selostetaan AASHO:n tutkimuksia, joiden mukaan suurin mahdollinen kaarrekaltevuus on lumen ja jään esiintymisalueilla 1:12 (= 8,3 %) tai peräti 1:10 (= 10 %). Suoralla tiellä olisi puolestaan vähimmäiskaltevuus 1:95 (= 1,05 %), paitsi pientareilla, joilla kaltevuuden tulisi olla vähintään 1:25 (= 4 %) ja nurmetettuna 1:12 (= 8,3 %). Mitään johtopäätöksiä tai vertailuja Suomen tilanteeseen artikkelissa ei esitetä.

Kuinka tarkoin nykyisten ohjeiden mukaisia sivukaltevuuksia noudatetaan tiesuunnitelmissa ja kuinka paljon ohjeiden sallimaa liikkuma-alaa käytetään hyväksi? Erityistutkielma vuodelta 1971 /2/ osoittaa, että kaikki poikkeamat 2,5 % sivukaltevuudesta asfalttibetoniteillä ja 4,0 % sivukaltevuudesta öljysoranteillä ovat hyvin harvinaisia tiesuunnitelmissa. Laajasta aineistosta nämä arvot ylitti 1,9 % Ab-teiden ja 1,0 % ÖS-teiden pituudesta. Myöhempinä vuosina tilanne tuskin on paljonkaan muuttunut.

Erityisesti on pantava merkille, että kaarteissakaan ei ole juuri käytetty yli 2,5 % (ÖS-teillä yli 4,0 %) sivukaltevuutta. Pohjaolosuhteita, kuten painuma-alttiita pehmeikköjä ei myöskään ole yleensä otettu huomioon sivukaltevuuden valinnassa.

Ulkomaisista suunnitteluohjeista on katsaukset viitejulkaisuisissa /2/ ja /9/. Yleispiirteenä on, että suoralla tiellä sivukaltevuus on hiukan pienempi kuin Suomessa eli keskimäärin 2...2,5 % (poikkeuksia esiintyy kumpaankin suuntaan), mutta kaarteissa

jonkin verran suurempi kuin Suomen maksimi. Kaarrekaltevuuden maksimia pyritään eräissä maissa yhä nostamaan, ja se näyttää asettuvan alemman luokan teitä lukuunottamatta 6...8 % tasolle.

Johtopäätökset: Nykyiset sivukaltevuusohjeet ovat olleet koko sodan jälkeisen ajan olennaisesti samanlaiset. Niitä noudatetaan tiesuunnitelmissa varsin jäykästi (asfalttibetonilla ohjeiden keskiarvoa 2,5 %, öljysoralla ohjeiden ylälaitaa 4,0 %) eikä suoran tien arvoista juuri poiketa kaarteissakaan.

3. SIVUKALTEVUUSTAVOITTEIDEN TOTEUTUMINEN TIETÄ RAKENNETTAESSA

Sivukaltevuus määrätään tiesuunnitelmassa ja suunnitelmaa pyrittäneen periaatteessa noudattamaan silloinkin kun päällyste tehdään sidotulle alustalle, jonka saattaminen oikeaan kaltevuuteen edellyttää runsasta tasausmassan käyttöä. Kuinka pontevasti tavoitteeseen pyritään ja kuinka siinä onnistutaan, olisi todettavissa päällysteen valmistuttua. Sivukaltevuusmitaukset eivät kuitenkaan normaalisti kuulu lopputarkastusrutiiniin ja siksi tulosaaineistoa on olemassa vain vähän. Levitystyön aikana suoritettu kaltevuuksien tarkkailu on pistokokeenomaista eikä siitä jää käyttökelpoisia asiapapereita.

Tätä selvitystä varten on vastavalmistuneiden tai hiljattain uudelleenpäällystettyjen teiden sivukaltevuustietoja saatu seuraavista kohteista:

N:o	Piiri	Tieosuus	Pituus km	Kaistamittauksia kpl
1	K-P	Kt 86 Oulainen - 0-piirin raja	2.2	8
2	K-P	Mt 781 Ylivieska - Nivala	1.6	10
3	K-P	Mt 799 Tervakaarto - 0-piirin raja	2.1	14
4	U	Kt 53 Röykkä - Noppo	11	120
5	U	Kt 53 Siippoo - Röykkä	14	150
6	M	Mt 417 Mäntyharju - Varpanen	1.8	94
7	K-S	Kt 59 M-piirin raja - Leivonmäki	21	164
8	K-S	Vt 4 Kuhmoinen - Jämsän raja	19	40
9	K-S	Vt 4 Tanhumäki - Palokka	4.6	40
10	K-S	Vt 13 Viisarinmäki - Kanavuori	21	76

Kohteet 1-4 ovat uusia teitä, joiden sivukaltevuus on mitattu välittömästi tien valmistumisen jälkeen. Kohteiden 1-3 kaltevuusmittausaineisto on saatu Keski-Pohjanmaan piiristä, jossa on käynnissä seurantatutkimus sivukaltevuuksien muuttumisesta vuosien mittaan.

Kohteissa 5 ja 6 sivukaltevuudet on mitattu 1 vuosi tien valmistumisen ja päällystämisen jälkeen.

Viimeiset 4 tieosuutta on rakennettu 1960-luvulla ja uudelleenpäällystetty vuosina 1975-1976. Kaltevuudet on näillä tieosilla mitattu välittömästi uudelleenpäällystämisen jälkeen. Mittaukset on tehnyt Keski-Suomen piiri päällysteen laadunvalvontaan liittyvinä tarkkailumittauksina.

Muilta teiltä, joiden sivukaltevuus on mitattu 1976-77, ei juuri voida tehdä päätelmiä alkuperäisen sivukaltevuustavoitteen toteutumisesta, koska ne on päällystetty jo useita vuosia aikaisemmin. - Yllä mainittujen mittauskohteiden päällystetiedot ja sivukaltevuuksien toteutuminen esitetään taulukossa 1.

Tarkastelu ja johtopäätökset: Kaikilla mittausteilla on jääty tavoitekaltevuuden alapuolelle, joskin kolmella niin vähän, että alitus on tilastollisesti merkityksetön. Näistä on kuitenkin kaksi kohdetta sellaisia, joissa alitus on todennäköinen, koska tilastollinen merkityksettömyys johtuu lähinnä havaintojen pienestä lukumäärästä (8 ja 10 kaistamittausta). - Taulukon 1 kohteissa 5 ja 6 on mittaus suoritettu 1 vuosi päällystämisen jälkeen, joten osa alituksesta voi aiheutua vuoden aikana tapahtuneesta kaltevuuden pienentymisestä. On kuitenkin ilmeistä (mm. verrattaessa lukuja keskimääräiseen kaltevuuden muuttumiseen ajan mukana), että alitus on ollut merkitsevä jo päällysteen valmistuessa.

Taulukko 1. Sivukaltevuuksien toteutuminen eräillä uusilla tai uudelleen päällystetyillä teillä.

N:o	Tieosuus	Päällystela- laji ja valmistus- vuosi	Tavoite- kaltevuus suoralla tiellä	Keskimäär. poikkeama tavoite- kaltevuudesta 1)	Poikkeamien kes- kihajonta	Poikkeamien tilastoll. merkitsevyys 2)
1	Kt 86 (Oulainen)	Ab 25 (1975)	3,0 %	- 0,52 %	0,98 %	-
2	Mt 781 (Ylivieska)	Ab 25 (1975)	2,5 %	- 0,50 %	0,89 %	-
3	Mt 799 (Tervakaahto)	Öljysora (1975)	4,0 %	- 0,57 %	0,49 %	x x x
4	Kt 53 (Röykkä)	Ab 25 (1977)	2,5 %	- 0,02 %	0,52 %	-
5	Kt 53 (Siippoo)	Ab 20 (1976)	{ 2,50% 3,25%	- 0,36 %	0,81 %	x x x
6	Mt 417 (Mäntyharju)	Öljysora (1976)	4,0 %	- 0,40 %	0,58 %	x x x
7	Kt 59 (Joutsa)	Ab 25 (1975)	2,5 %	- 0,10 %	0,56 %	x
8	Vt 4 (Kuhmoinen)	Ab 25 (1975)	2,5 %	- 0,21 %	0,31 %	x x x
9	Vt 4 (Jyväskylä)	Ab 25 (1975)	2,5 %	- 0,27 %	0,42 %	x x x
10	Vt 13 (Toivakka)	Ab 25 (1976)	2,5 %	- 0,16 %	0,51 %	x x

1) Laskelmassa ei ole ilmoitettu kaikkien sivukaltevuuksien keskiarvoa, koska tavoitekaltevuus vaihtelee tien eri kohdissa kaarteisuuden mukaan. Kunkin kohdan poikkeama on laskettu ao. kohdan todellisen kaltevuuden ja tavoitekaltevuuden erotuksena. Miinus-merkki osoittaa tavoitekaltevuuden jääneen saavuttamatta, plus-merkki tavoitekaltevuuden tulleen ylityksi.

2) x x x = poikkeama on erittäin merkitsevä λ -testin mukaan,
 x x = poikkeama on merkitsevä,
 x = poikkeama on melkein merkitsevä,
 - = poikkeama ei ole tilastollisesti merkitsevä eli todettu keskimääräinen poikkeama voi aiheutua myös sattumasta eikä varmuudella luonnehdi koko tieosuutta.

Mittauskohteissa 7-10 poikkeama tavoitekaltevuudesta on jonkin verran pienempi kuin taulukon 1 muilla tieosuuksilla keskimäärin. Tämä johtunee pääosin siitä, että näitä tieosuuksia uudelleen päällystettäessä on erityisesti pyritty mahdollisimman lähelle tavoitekaltevuutta, sillä päällystekoissa otettiin arvovähennyksenä huomioon kaikki $\geq 0,3$ % poikkeamat tavoitekaltevuudesta. Mittaustulosten perusteella ei voida päätellä, mikä sivukaltevuus tieosuuksilla on ollut niiden valmistuessa 1960-luvulla. Ennen uudelleen päällystämistä kaltevuus on kuitenkin aivan ilmeisesti ollut selvästi alle tavoitteen, sillä runsaasta tasausmassan käytöstä ja kaltevuuksien tarkkailusta huolimatta uudenkin päällysteen sivukaltevuus on jäänyt jonkin verran tavoitteen alapuolelle.

Kun koko havaintoaineisto on satunnainen ja niukka, ei varmoja valtakunnallisia johtopäätöksiä sivukaltevuuden toteutumisesta voida tehdä. Todennäköistä kuitenkin on, että useammin jäädään jo tietä rakennettaessa tavoitekaltevuuden alapuolelle kuin että se ylitettäisiin.

Oli sivukaltevuuden keskiarvo lähempänä tai kauempana tavoitetta, hajonta on joka tapauksessa varsin suuri. Esim. sinänsä erittäin lähelle tavoitetta päässyt mittausosuus kt 53 välillä Röykkä - Noppo osoittaa 0,52 % keskihajontaa, ja kun tavoite on 2,5 %, sivukaltevuus vaihtelee välillä 1,3...3,7 %. Nämä ääriarvot eivät silti vielä tällä hetkellä tuota enempää kuivatus- kuin ajodynaamisiakaan pulmia, sillä päällyste ei ole vielä ehtinyt kulua.

4. SIVUKALTEVUUDEN MUUTTUMINEN VUOSIEN MITTAAN

Sivukaltevuuden riittävyden ratkaisee osaltaan se, paljonko uusien teiden kaltevuus muuttuu päällystämisen jälkeisinä vuosina. Tähän keskeiseen kysymykseen ei ole saatavissa täysin sitovaa vastausta, kun samoilta tieosuuksilta on toistaiseksi vain pistokokeenomaisia 1 vuoden aikavälillä suoritettuja mittauksia (Keski-Pohjanmaan piiristä 3 tieosuutta; laajempi pitkäaikaistutkimus on siellä meneillään /12/). Todennäköinen

kehityskulku on kuitenkin arvioitavissa siitä otaksumasta lähtien, että alkuperäinen sivukaltevuus ei ole ollut kovin kaukana tavoitearvosta, vaan että keskimääräinen poikkeama on ollut 0...0,5 %-yksikköä tavoitekaltevuuden alapuolella. Tällaisia tieosuuksia havaintoaineistossa on lisäksi 6 kpl.

Yllä mainitut mittauskohteet ja niiden sivukaltevuustiedot esitetään taulukossa 2. Päällysteen raideurat eivät näy näistä tiedoista, koska kysymys on keskilinjan ja ajoradan tai koko tien reunan välisestä keskimääräiskaltevuudesta.

Taulukko 2. Sivukaltevuuksien todennäköinen muuttuminen eräillä tieosuuksilla.

Tieosuus	Päällystelaji ja valmistusvuosi	Keskimäär. poikkeama tavoitekaltesta ja pääll. ikä silloin	Kaistamittausten lukumäärä	Mitattu muutos tai todennäköinen kehitys päällysteen valmistumisen jälkeen
Kt 86 (Oulainen)	Ab 25 (1975)	0 v: -0,52% 1 v: -0,51%	8	Ei merkittävää muutosta
Mt 781 (Ylivieska)	Ab 25 (1975)	0 v: -0,50% 1 v: -0,50%	10	Ei muutosta
Mt 799 (Tervakaarto)	Öljysora (1975)	0 v: -0,57% 1 v: -0,63%	14	Ei merkittävää muutosta
Kt 53 (Siippoo)	Ab 20 (1976)	1 v: -0,36%	150	Kaltevuus todennäk. pienentynyt
Mt 417 (Mäntyharju)	Öljysora (1976)	1 v: -0,40%	94	Kaltevuus todennäk. pienentynyt
Kt 51 (mo) (Espoo)	Ab 25 (1974)	2 v: -0,08%	102	Todennäköisesti ei merkittävää muutosta
Mt 130 (Vihtijärvi)	Ab 20 (1972)	5 v: -0,68%	22	Kaltevuus todennäk. pienentynyt
Mt 133 (Vihtijärvi)	Ab 20 (1972)	5 v: -0,63%	44	Kaltevuus todennäk. pienentynyt
Kt 50 (Espoo)	Ab 18 (1971)	6 v: -0,53%	65	Kaltevuus todennäk. pienentynyt

Tarkastelu ja johtopäätökset: Tieosuuksien keskimääräinen kaltevuus on muuttunut päällystämisen jälkeisvuosina melko vähän, mutta aina samaan suuntaan eli kohti pienempiä sivukaltevuuksia. Ainoilla peräkkäisten mittauksien kohteilla ei ole mitään merkittävää muutosta (havaintoaineisto on kuitenkin niukka).

Mittauskohteista on kt 51 (Jorvaksen moottoritie) ollut vielä 2 vuotta uudelleenpäällystämisen jälkeen hyvin lähellä suunnitelman mukaista tavoitekaltevuutta. Uudenmaan piiristä saatujen tietojen mukaan (ins. S. Sormula) ei tietä viimeksi päällystettäessä pyritty mihinkään numeeriseen tavoitekaltevuuteen. Todellinen kehityskulku jää siten epävarmaksi, mutta ainakaan suurta muutosta ei tällä tiellä ole voinut tapahtua. On todennäköistä, että moottoritien leveä piennar ja vähän kuormitettu keskiosa (keskisarka + ohituskaista) aiheuttavat koko leveydelle tasaisemman pohjamaan kuormittumisen, minkä seurauksena kaltevuus ei pienene samalla tavoin kuin 2-kaistaisilla teillä.

Taulukon 2 teiden keskikaltevuudet ovat mitattaessa olleet riittäviä, koskapa vielä 5...6 vuoden jälkeen ollaan vain 0,5...0,7 %-yksikköä tavoitekaltevuuksien alapuolella. Uudelleenpäällystämiseen tultaessa sivukaltevuudet pienentynevät kaikkiaan suunnilleen 0,5...1,0 %-yksikköä tavoitekaltevuuksien alapuolelle.

Pelkkä keskikaltevuuksien keskiarvo antaa kuitenkin puutteellisen kuvan pintakuivatustilanteesta. Lisäksi on tarkasteltava kaltevuuksien jakaumaa koko mittausosuuden pituudella ja toisaalta tien poikkileikkauksessa. Aineistosta ilmenee, että hajonta on aina sitä suurempi, mitä vanhempaa päällystettä koskevasta mittauksesta on kysymys. Esim. kt 53:n v. 1977 päällystetyllä osuudella on keskihajonta 0,52 % ja kaltevuuksien vaihteluväli 1,3...3,7 %, mutta saman tien vuotta vanhemmalla osuudella on keskihajonta 0,81 % ja kaltevuuksien vaihteluväli -0,4...+3,7 %. Kt 50:n 6 v. vanhalla osuudella on keskihajonta jo 1,00 % ja vaihteluväli -0,9...+4,2 % (tavoitteen ollessa tässäkin +2,5 %).

Toinen seikka, joka pienentää keskikaltevuuksien riittävyyttä, on kaltevuuden epätasainen jakautuminen tien poikkileikkauksessa (raiteisuus ja muu aaltomaisuus). Tätä tarkastellaan erikseen luvussa 5.

Maaperän vaikutuksesta on todettavissa, että pehmeikköosuuksilla kaltevuus pienentyy kauttaaltaan selvästi. Täyttää analyysiä maaperän suhteen ei ole mahdollista laatia, mutta riittävän pitkistä pehmeikköosuuksista, joissa ei ole nimenomaista pohjanvahvistusta, saadaan taulukon 3 vertaileva yhteenveto.

Taulukko 3. Sivukaltevuus pehmeikköosuuksilla ja saman tien muilla osuuksilla.

Tieosuus	Sivukaltevuuden keskiarvo pehmeiköllä	Sivukaltevuuden keskiarvo muilla osuuksilla	Kaistamitt. luku-määrä ¹⁾	Keskiarvojen eron tilastollinen merkitsevyys
Kt 53 (Siippoo)	1,47 %	2,45 %	50 ja 81	x x x
Kt 50 (Espoo)	1,52 %	2,17 %	20 ja 45	x

1) Vertailuun on otettu kaikki 1- tai 2-puolisen vakiokaltevuuden osuudet, mutta ei kaltevuuden muutoskohtia.

Geoteknisesti sivukaltevuuden pienentyminen johtuu lähinnä siitä, että pohjamaan kuormitus on tien reunoilla pienempi kuin keskellä tietä. Asiaa on tarkasteltu lähemmin esim. julkaisussa /7/.

5. SIVUKALTEVUUTEEN LIITTYVIÄ OSAKYSYMYKSIÄ

5.1 Sivukaltevuuden vaihtelu tien poikkileikkauksessa

Edellä tarkastellut mittaustulokset koskevat ajoradan puoliskon (moottoritiellä koko ajoradan) keskikaltevuutta, joka on saatu vaaitsemalla tien keskilinja ja päällysteen reuna tai käyttämällä 2 m oikolautamittaria keskimääräisen kaltevallalla

poikkileikkauksen kohdalla. Eräistä kohteista on tien poikkileikkaus vaaittu 0,5 m tai 1 m välein, jolloin voidaan lisäksi todeta tien pinnan sivukaltevuuden vaihtelu ja erityisesti sen pienin arvo. Lätäköiden ym. haittojen vuoksi loivimpien kohtien kaltevuudella ja sijainnilla on merkityksensä, vaikka varsinaisia kulumisuria ei vielä 0,5..1,0 m välein suoritettu vaaitus tarkasti ilmaise. Koekohteet ovat lisäksi olleet verrattain vähän liikennöityjä. Vertailutulokset esitetään taulukossa 4.

Taulukko 4. Tienpinnan keskikaltevuuden ja pienimmän 0,5..1,0 m pituisen kaltevuusjakson välinen erotus.

Tieosuus	Päällystela- laji ja valmistus- vuosi	Tieosuuden keskikal- tevuuksien keskiarvo	Poikkileikkaus- ten pienimpien kaltevuuksien keskiarvo	Erotus	Kaltevuus- jakson pituus
Kt 86 (Oulainen)	Ab 25 (1975)	1 v: 2,49 %	1,26 %	1,23 %	0,5 m
Mt 781 (Ylivieska)	Ab 25 (1975)	1 v: 2,00 %	1,03 %	0,97 %	0,5 m
Mt 799 (Tervakaarto)	Öljysora (1975)	1 v: 3,37 %	1,86 %	1,51 %	0,5 m
Mt 130 (Vihtijärvi)	Ab 20 (1972)	5 v: 1,82 %	1,46 %	0,36 %	1,0 m
Mt 133 (Vihtijärvi)	Ab 20 (1972)	5 v: 1,63 %	1,28 %	0,35 %	1,0 m

Pienimmät sivukaltevuudet ovat olleet n. 1..1,5 %-yksikköä alle keskikaltevuuden, jos mittaus on suoritettu 0,5 m välein ja n. 0,35 %-yksikköä alle keskikaltevuuden, jos mittaus on suoritettu 1 m välein. Pienimmät kaltevuudet ovat näissä kohteissa sijainneet yleensä keskellä tietä, ei ajourien kohdalla mikä juuri osoittaa näiden teiden suhteellisen pienen kulumisasteen.

Toisaalta tiedetään /4/, että ulomman kulumisuran pohja sijaitsee n. 60 cm etäisyydellä kulumattomasta päällysteen kohdasta.

Tämä merkitsee sitä, että jos uran syvyys on 15 mm ja ajo-
kaistan kaltevuus uran lähellä on 2,5 %, muodostuu pienin kal-
tevuus jo nolllaksi ($0,025 - 1,5/60 = 0$). Suuremmilla uransy-
vyyksillä tai pienemmillä uranseudun kaltevuuksilla vesi ei
enään poistu urasta sivulle. Urien haitallisuutta arvioitaessa
ei yleisesti voidakaan luottaa tien olevan 2,5 % kaltevuudessa,
kuten jo edellä on todettu.

5.2 Sivukaltevuuden vaihtelu kesän ja talven välillä

Kaikki edellä esitetyt mittaustulokset on saatu sulana vuoden-
aikana. Neljällä tieosuudella on mittaukset suoritettu lisäksi
edellisen kevättalven aikana, jolloin routanousu on ollut liki-
main suurimmillaan. Näiden sivukaltevuuksien keskiarvot verrat-
tuina seuraavan kesäkauden kaltevuuksiin esitetään taulukossa 5.

Taulukko 5. Keskimääräisen sivukaltevuuden vaihtelu talven ja
kesän välillä.

Tieosuus	Keskikaltevuus kevättalvella	Keskikaltevuus seuraavana kesänä	Erotus
Kt 86 (Oulainen)	2,35 %	2,49 %	-0,14 %
Mt 781 (Ylivieska)	2,34 %	2,00 %	0,34 %
Mt 130 (Vihtijärvi)	1,86 %	1,82 %	0,04 %
Mt 133 (Vihtijärvi)	1,97 %	1,66 %	0,31 %
- " - ulkokaarre ¹⁾	1,47 %	1,57 %	-0,10 %

- 1) Mt 133:n osuuteen sisältyy kaarre ja vuodenaikavaihtelua
on tällöin syytä selvittää erikseen tien kummankin puo-
liskon osalta, ks. tekstiä alla.

Taulukon 5 mittauskohteissa on suurin keskimääräinen vuoden-aikavaihtelu ollut 0,34 %-yksikköä, mikä on arvioitava melko pieneksi. Yleissuuntana on, että talvella sivukaltevuudet ovat suurempia kuin kesällä, lukuunottamatta 1-puolisesti kallistettua ulkokaarretta, jonka kaltevuus pienentyy talvella. Tähän on luonnollinen selitys: kun tien keskikohta nousee talvella yleensä enemmän kuin reunat, 2-puolinen kaltevuus jyrkentyä, mutta 1-puolisen kaltevuuden "ylempi" tien puolisko loiventuu. Tien keskikohdan nousu 1 cm enemmän kuin reuna aikaansaa esim. 8 m levyisellä tiellä 0,25 %-yksikön muutoksen sivukaltevuuteen.

5.3 Sivukaltevuuksien vertailu ulkokaarteeseen ja muun tien välillä

Neljässä mittauskohteessa on niin pitkiä kaarreosuuksia, että on mahdollista vertailla 1-puolisesti kallistetun ulkokaarteeseen kaltevuuksia muuhun tiehen. Kun vertailussa yhdistetään tavanomaiset 2-puolisesti kallistetut tieosuudet samassa kaltevuudessa oleviin sisäkaarteisiin ja tätä ryhmää verrataan 1-puolisesti kallistettuihin ulkokaarteisiin, saadaan seuraava asetelma (lukuarvot ohitetaan, koska niihin ei sisälly olennaista tietoa):

Tieosuus	Ulkokaarteeseen kaltevuus verrattuna muuhun tiehen
Kt 53 (Röykkä)	Muu tie on erittäin merkitsevästi kaltevampi (ja hiukan yli tavoitteen; ulkokaarre jää sen alle)
Kt 53 (Siippoo)	Ulkokaarre on erittäin merkitsevästi kaltevampi (ja kaikkiaan lähellä tavoitetta)
Mt 133 (Vihtijärvi)	Ulkokaarre on hiukan kaltevampi
Mt 417 (Mäntyharju)	Muu tie on erittäin merkitsevästi kaltevampi (ja kaikkiaan lähellä tavoitetta)

Todetaan, että kaarrekaltevuuksien suuruus menee täysin ristiin eikä mitään yleistä johtopäätöstä siitä, "onnistuu" 1-puolisesti kaltevan ulkokaarteeseen kallistaminen paremmin tai huonommin kuin muu tie, voida tehdä. Kun samankin tien (kt 53) eri päällystysvuosien osuuksilla tilanne vaihtelee, johtunevat erot satunnaisista työmaakohtaisista tekijöistä.

6. SIVUKALTEVUUDEN LISÄÄMISTARPEESTA SUOMEN TEILLÄ

Pintaveden liikenteelle aiheuttamien haittojen takia tulisi tavoitteena olla, että minkään tien mihinkään kohtaan ei vesi jäisi paikalleen. Jos pinta on sileä, saa minimaalisen pienikin kaltevuus veden liikkeelle. Havainnot osoittavat toisaalta, että asfalttipäällysteiden karkeuden vuoksi viettokaltevuu- den pitäisi olla joka kohdassa vähintään n. 0,5 %, jotta vesi valuisi pois tieltä eikä jäisi liiaksi haihtumisen varaan.

Mainittu viettokaltevuu- den vähimmäisarvo 0,5 % on ulotettava sellaisenaan sivukaltevuuksiin, koska jokaisella tiellä on kohtia, joiden pituuskaltevuus ≈ 0 . Vaatimus on näennäisesti helppo tyydyttää, koska nykyisetkin suunnittelu- ja rakentamiskaltevuudet ylittävät tämän moninkertaisesti. Kysymys ei kuitenkaan ole siitä, mikä kaltevuus riittää veden poistamiseen tien valmistuttua, vaan siitä, mikä kaltevuus riittää vuosien mittaan tien rungon painuessa pehmeikköosuuksilla, tien pinnan deformatiivisuudessa roudan ja jälkitiivistymisen sekä erilaisten vaurioiden vuoksi, ja etenkin tien päällysteen ku- luessa pituussuuntaiseksi raideuriksi, joiden syvyydeksi sal- litaan jopa 45 mm.

Kuten luvussa 1 arvioitiin, pintavesihaittoja esiintyy Suomessa päällystetystä tieverkosta (v:n 1977 alussa n. 32 000 km) useil- la tuhansilla kilometreillä, koskapa suurimpaan haitta-asteeseen eli vesiliirtovaaraan ulottuu suuri osa vuosittain uudelleen päällystettävästä (asfalttibetoni-) tiepituudesta, karkeasti mutta varovasti arvioiden 100...500 km. Kaikki nämä pienempiä tai suurempia pintakuivatuksen puutteita omaavat tiet on päällystetty ja useimmiten jo suunniteltu voimassaolevien ohjeiden mukaan.

Ohjeita voidaan täydellä syyllä pitää vanhentuneina. Niiden lukuarvot ovat vuosikymmenestä toiseen pysyneet samoina huolimatta päällystetekniikan kehityksestä (helposti säädettävät levittimet, liukkaimpien päällystetystyyppien karttaminen), tien kunnossapidon tehostumisesta (talviliukka- asteen ei ole samanlainen ongelma kuin vielä 1950-luvulla) ja itse ajoneuvojen turvalli-

suuden parantumisesta (ohjattavuus, renkaita koskevat vaatimukset). Nykyisten ohjeiden perusteluissa /9/ on tien pinnan kulumisen ja tien painuminen jätetty kokonaan huomiotta, samaan aikaan kun mm. sivukitkan suhteen ollaan varovaisia (kitkakertoimena jopa vain 0,035).

Kuinka suuria teiden ja eri päällystetyyppien sivukaltevuuksien sitten tulisi olla?

Sivukaltevuuden tarpeellisen vähimmäisarvon (n. 0,5 %) ja suunnitteluarvon (suoralla Ab-tiellä tavallisesti 2,5 %) väliin jäävää marginaalia kuluttavat seuraavat tekijät:

1. Tietä rakennettaessa jäädään useimmiten suunnittelukaltevuuden alapuolelle (vrt. lukua 3).
2. Tien sivukaltevuus pienentyy painumien ja deformatumisen takia kauttaaltaan vuosien mittaan ja erityisen tuntuvasti pehmeikköosuuksilla (vrt. lukua 4).
3. Päällysteen kulumisen synnyttää raideuria, joiden syvyys ylittää suunnittelukaltevuuden vaikutuksen ja vettä jää tällöin vaihteleva paksuus uran pohjalle.

Kohta 3, päällysteen urautuminen on ratkaiseva tekijä, ja juuri se kehottaa suurentamaan kaltevuuksia. Kohtien 1 ja 2 merkitys on siinä, että lähtökohta veden poistumiselle kulumisurista on epäedullisempi kuin aikaisemmissa tarkasteluissa (esim. /4/, /5/) on otaksuttu.

Teoreettinen ihanne on, että vesi poistuisi sivulle syvimmistäkin raideurista, mutta tätä on mahdotonta saavuttaa ajodynamiikan liiallisesti huonontumatta. (Esim. 30 mm uran kuivattamiseksi pitäisi sivukaltevuuden olla n. 5 % ja 45 mm uran kuivattamiseksi n. 9 %.) Käytännölliseksi tavoitteeksi voitaneen ottaa, että vesiliirron vaara poistuisi kutakuinkin kokonaan ja että tällä hetkellä sallittujen kulumisurien - jotka siis ovat jo syvimmat ajateltavissa olevat - laskenta-

otaksumat pitäisivät paikkansa. Tämä merkitsee sitä, että Ab-tien keskikaltevuuden tulisi vielä vähän ennen uudelleenpäälllystämistä olla (suoralla tiellä) n. 2,5 %.

Luvusta 4 ilmenee, että sivukaltevuuden pienentyminen vuosien mittaan on keskimäärin hidasta, mutta uudelleenpäälllystämiskään (5...15 vuotta) tultaessa ollaan kuitenkin n. 0,5...1,0 %-yksikköä suunnittelukaltevuuden alapuolella. Tällä määrällä pitäisi siten uusien päälllysteiden ohjekaltevuutta lisätä.

Lisäystarve rajoittuisi n. 0,5 %-yksiköksi, jos rakentamisessa kyettäisiin suunnittelukaltevuuden toteutumista valvomaan ihan-teellisen tarkasti ja jos samaan aikaan tasausmassaa voitaisiin käyttää kaikkialla niin paljon kuin uudelleenpäälllystet-tävän tien suunnittelukaltevuus edellyttää. Kun tasausmassan menekkiä on kuitenkin kustannussyistä pyrittävä vähentämään, nousee alkuperäisen sivukaltevuuden lisäystarve Ab-teillä lähelle 1 %-yksikköä.

Luvun 5.1 mukaan tien poikkileikkauksen loivin kaltevuus on ollut 1...1,5 %-yksikköä pienempi kuin keskikaltevuus. Tämä lisää painetta suurempien kaltevuuksien suuntaan, mutta lukuarvona sittenkin melko vähän, koska loivimmat kohdat sijaitsevat yleensä keskellä tietä ja tavoitteena on poistaa vesi raideurista sivulle päin.

Kun pehmeikköosuudet painuvat ja tasoittuvat selvästi enemmän kuin muu tie (vrt. taulukko 3 s. 12), on syytä harkita ylimääräisen lisäkaltevuuden antamista sellaisille pehmeikköosuuk-sille, joita ei erityisesti vahvisteta. Tämän "ennakon" suu-ruuden tulisi olla vähintään 0,5 % ja enintään n. 1 %.

Yhteensä olisi Ab-teiden sivukaltevuutta suurennettava kaut-taaltaan vähintään 0,5 %-yksikköä, jos rakentaminen tarkentuu ja myöhemmissä päälllystystöissä voidaan käyttää runsaasti ta-sausmassaa. Elleivät nämä ehdot täyty, suunnitteluvaiheen li-säystarve on 1 % luokkaa. Uudet suoran tien suunnittelukalte-vuudet olisivat siten 3,0 tai 3,5 % ja pehmeikköosuuksilla

n. 4 %. Luvun 1 mukaan näistä ei vielä koidu huomattavaa ajodynamiasta haittaa, sillä haittaa ei synny yhtä kaltevilla öljysorateillaäkään.

Öljysorateilla nykyinen suunnitteluohje 3,0...4,0 % näyttää antaneen tyydyttäviä tuloksia, mikäli tavoitteena on pidetty ylälaitaa eli 4 % sivukaltevuutta. Ab-teitä suotuisampaan tilanteeseen myötävaikuttaa lisäksi ÖS-teiden vähäisempi raiteistuminen pienempien liikennemäärien, mutta myös joustavamman päällysteaineksen ansiosta. Pienempi raiteistuminen näyttää voittavan ÖS-teiden suuremman deformatumisalttiuden. Öljysorateiden ohjekaltevuudeksi suoralla tiellä riittänee siten edelleen 4,0 %, jota pehmeikköosuuksilla tulisi kuitenkin nostaa ainakin 0,5 %.

Kevyen liikenteen teillä ei kuivatusongelmaa esiinny tässä tarkastellussa muodossa ainakaan yleisesti eikä ohjekaltevuuksien lisäämistarvetta myöskään liene olemassa.

Kaarteissa kannattaisi melko usein käyttää suoran tien ohjearvoa suurempaa sivukaltevuutta, koska kuivatuksen ja ajodynamiikan edut käyvät yksiin. Millä kaarresäteillä tie voidaan suunnitella 2-puolisesti sivukaltevaksi, olisi määriteltävä uudelleen. Nykyisten ohjeiden /10/ vähimmäiskaarresäteenä on ≥ 80 km/h mitoitusnopeudella 5000 m, mutta tästä poiketaan käytännössä usein pienempien kaarresäteiden suuntaan.

Pientareiden sivukaltevuuksia ei tässä yhteydessä ole tutkittu lähemmin, mutta vanhastaan tiedetään /3/, että etenkin sorapientareiden sivukaltevuuden täytyisi olla nykyistä suurempi. Havainnot osoittavat, että veden "makaaminen" pientareella on vielä yleisempää kuin ajoradalla. Liikennehaitta ei muodostu kovin suureksi, muttatien rakenne saattaa kärsiä, ja toisaalta ajodynamiikka ei missään tilanteessa estä piennarkaltevuuksien lisäämistä.

7. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET

1. Nykyiset sivukaltevuuden suunnitteluohjeet ovat verrattain varovaisia ajodynamiikan vaatimuksiin nähden, mutta ottavat puutteellisesti huomioon todellisen kuivatustarpeen. Ohjeet ovat pysyneet samoina vuosikymmenestä toiseen, vaikka teiden rakentamistekniikka ja päällysteen kuluminen ovat olennaisesti muuttuneet.
2. Liian pienestä sivukaltevuudesta aiheutuvat vesihaitat ovat melko tavallisia, kun taas liian pienestä tai liian suuresta sivukaltevuudesta aiheutuvia ajodynaamisia haittoja tuskin tapaa. Varsinaisia esteitä sivukaltevuuden kohtuulliselle suurentamiselle ei ole, koska ajodynamiikan huonontuminen jää epäedullisimmissakin tilanteissa melko teoreettiseksi.
3. Suunnitelmissa edellytetyjen sivukaltevuuksien toteutuminen tietä rakennettaessa on suhteellisen epätarkkaa. Keskihajonta on 0,5...1,0 %-yksikköä, mitä on pidettävä suurena. Keskimääräinen kaltevuus jää yleensä tavoitekaltevuuden alapuolelle ja tämä "vajaus" on n. 0...0,5 %-yksikköä.
4. Ajokaistan sivukaltevuuden keskiarvo muuttuu vuosien mittaan verrattain hitaasti ja saavuttaa Ab-teiden uudelleenpäällystämisyvaiheeseen tultaessa tason, joka on n. 0,5...1,0 %-yksikköä suunnittelukaltevuuden alapuolella.
5. Pehmeikköosuuksilla tien sivukaltevuus pienentyy tuntuvasti nopeammin kuin saman tien muilla osuuksilla. Ylimääräisen "ennakon" tarve pehmeiköillä on n. 0,5...1,0 %-yksikköä.
6. Ajokaistan keskikaltevuus jakautuu tien poikkileikkauksessa melko epätasaisesti. Suurimmat aallot ovat raideuria, mutta muuten näyttää tien keskikohta muuttuvan loivemmaksi kuin ulommat kohdat. "Kriittisenä kaltevuutena" on joka tapauksessa raideuran ja siitä heti ulospäin sijaitsevan tienkohdan yhteisvaikutus.

7. Sivukaltevuus on talvella yleensä hiukan suurempi kuin sulana vuodenaikana, lukuunottamatta 1-puolisesti kallistettua ulkokaarretta. Talvilisä jäänee kuitenkin niin pieneksi, että sillä ei ole vaikutusta esim. tien ajo-ominaisuuksiin.
8. Vaikka niukasta sivukaltevuudesta ei ole haittaa suurimmalla osalla tieverkon kokonaispituutta, on sivukaltevuuden ohjearvojen yleistä lisäämistä pidettävä aiheellisena, mahdollisesti moottoriteitä lukuunottamatta. Suoran tie ajoradalla tulevat kysymykseen seuraavat vaihtoehdot:

- a) Jos laadunvalvontaa voidaan lisätä niin paljon, että suunnitteluvarvot toteutuvat kutakuinkin tarkasti ja uudelleenpäällystettäessä tie saatetaan tasausmassalla alkuperäiseen kaltevuuteen, suositellaan yleisohjeeksi:

- asfalttibetonille 3,0 %
- öljysoralle 4,0 %
- (- valuasfaltille 2,5 %)
- (- pintauksille 3,0 %)

- b) Ellei laadunvalvontaa kannata nykyisestään tehostaa ja tietä muotoillaan tasausmassalla lähinnä vain pituussuunnassa, on ohjekaltevuuksiin lisättävä n. 0,5 %-yksikön "ilmarako" (ei ÖS:lle), ja yleisohjeeksi ehdotetaan:

- asfalttibetonille 3,5 %
- öljysoralle 4,0 %
- (- valuasfaltille 3,0 %)
- (- pintauksille 3,5 %)

Ilman pohjanvahvistusta olevilla pehmeikköosuuksilla, joilla tien pinnan tuntuva painuminen on todennäköinen, tulisi kummallakin vaihtoehdolla kaikkien päällystelajien kaltevuutta lisätä 0,5...1,0 %.

Karkeutetuille päällysteille ei ehdoteta enään lisäkaltevuutta, koska niiden kuluminen on hitaampaa ja raideurat

jäävät lopullisestikin matalammiksi kuin sileillä päällysteillä. Tämä likimain kompensoinee karkean pinnan sinänsä suuremman kaltevuustarpeen.

Varsinaista ohjearvojen vaihtelualuetta (esim. Ab:lle 2,5... 3,5 % pelkän 3,0 %:n sijasta) ei tarvittane, koska sen soveltaminen jäisi todennäköisesti vähäiseksi.

9. Kaarrekallistusten ohjeet olisi tarkistettava nykyistä suurempien kaltevuuksien suuntaan. Aiheellista olisi myös päästää nykyistä vapautuneempaan erilaisten kaltevuuksien käyttöön (kaarresäteen, mitoitusnopeuden, maaperän ja päällystelajin funktiona). Tämä saa lisää merkitystä kun yhä useampia vanhoja, pienisäteisiä teitä tullaan päällystämään.
10. Piennarkaltevuuksia tulisi tarkistaa selvästi nykyisiä arvoja suuremmiksi.

VIITEJULKAISUT:

- /1/ Asfalttipäällystenormit 1973 (RIL 91). Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. Hämeenlinna 1973. (s. 36)
- /2/ Hartikainen, Olli-Pekka: Sivukaltevuus kaksikaistaisten teiden suunnittelussa. Tielehti n:o 4, 1971.
- /3/ Lehtipuu, Eero: Teiden kuivatus. Helsingin teknillinen korkeakoulu, Tietekniikan julkaisu T 5. Otaniemi 1976. (s. 57..58, 60..62)
- /4/ Pelkonen, Veijo: Kestopäällysteiden uusimistarpeen määrittely. Asfaltti n:o 17, 1975.
- /5/ Päällystesuunnittelu 1977. Tie- ja vesirakennushallitus, Tienrakennustoimisto. (s.16..19, Liite 1)
- /6/ Päällystystöiden työselitys 1977 (TVH 2.802). Tie- ja vesirakennushallitus. (s. 3)
- /7/ Rathmayer, Hans: Kirjallisuusselvitys heikosti kantavan hienorakeisen maapohjan parantamiseen soveltuvista menetelmistä. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Geotekniikan laboratorio, tiedonanto n:o 22. Otaniemi 1976. (s. 13)
- /8/ Skogström, Väinö: Teiden liikenneteknillisistä ominaisuuksista. Tielehti n:o 6, 1952.
- /9/ Suuntauksen suunnittelu, normiehdotuksen perusteet (TVH 2.356). Tie- ja vesirakennushallitus, geometrinen toimikunta. Helsinki 15.10.1971. (A 11, s. 1..20)
- /10/ TVL, Teiden suunnitteluohjeet, kohta III 2.25 Tien pinnan sivu- ja viettokaltevuus. 29.01.1975.

- /11/ TVL, Teiden suunnittelu, kohta IV 3.21 Tien pinnan kaltevuuksien järjestely. 14.1.1970.
- /12/ TVL:n Keski-Pohjanmaan piirin TVH:lle lähettämä kirje n:o 5339/1941/510/75, 27.11.1975 sekä siihen liittyvät myöhemmät keskustelut (ins. R. Louet).

